

## 반사성 교감신경성 이영양증에서 스트레스 적외선 체열 검사의 유용성

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소

박은숙 · 박창일 · 조성래 · 김은주

### Usefulness of Stress Digital Infrared Thermographic Imaging in Reflex Sympathetic Dystrophy of Stroke Patients

Eun Sook Park, M.D., Chang Il Park, M.D., Sung-Rae Cho, M.D. and Eun Joo Kim, M.D.

Department and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

**Objective:** To evaluate the benefits of cold and warm stress Digital Infrared Thermographic Imaging (DITI) for detecting Reflex Sympathetic Dystrophy (RSD) in stroke patients compared with conventional non-stress DITI.

**Method:** Twenty-three stroke subjects with clinical RSD and fifteen stroke subjects without RSD underwent stress and non-stress DITI. Stress DITI study was performed by continuously imaging both hand dorsum for 30 minutes while immersing an sound side lower limb in cold and warm water bath. The cold and warm water bath were kept at  $12.0 \pm 1.4^\circ\text{C}$  and at  $37.0 \pm 1.4^\circ\text{C}$  respectively.

**Results:** The sensitivity and specificity of conventional non-stress DITI were 82.6% and 80.0% when side to side temperature difference was more than  $1^\circ\text{C}$ . The sensitivity and specificity of cold stress DITI test were improved to 95.7% and 93.3%, those of warm stress DITI test to 86.9% and 86.7%.

**Conclusion:** This study indicates that cold stress DITI study may be helpful method in identifying the RSD, which is not detected by conventional non-stress DITI test. (*J Korean Acad Rehab Med* 2002; 26: 687-692)

**Key Words:** Stress, Thermography, Reflex sympathetic dystrophy, Stroke

## 서 론

반사성 교감신경성 이영양증은 주로 사지의 외상, 말초 신경 병변, 뇌병변과 같은 원인으로 발생할 수 있으나 때때로 원인이 규명되지 않은 경우도 있다.<sup>9)</sup> 이 증후군은 통증, 운동 및 감각증상, 혈관 신경계의 부전, 그리고 이양성 변화 (trophic change) 등으로 발현되며,<sup>4)</sup> 이러한 만성적인 장애를 유발하는 증후군의 성공적인 치료 여부는 조기 진단에 따른 신속한 치료이나, 진단은 주로 비정상적인 자율신경 증상에 근거하는 경우가 대부분인 실정이다.<sup>12)</sup> 또한, 이러한 자율신경계의 부전 증상은 경과에 따라 다양하여 다른 증후군과의 감별도 용이하지 않은 형편이다.

뇌혈관 병변으로 인한 편마비 환자는 국소 견관절 병변으로 인한 견부통, 경직, 부적절한 자세 등에 의한 견관절 운동범위 제한 등이 자주 동반되고, 중추 및 말초 자율신경계의 조절장애로 인해 환측 체표면 온도변화가 일어날 수 있으며, 마비로 인한 불활동으로 환측의 온도변화 및 부종

등의 증상이 나타날 수 있으므로,<sup>5)</sup> 임상소견만으로 뇌병변으로 인한 편마비 환자에서의 반사성 교감신경성 이영양증을 진단하는 데 혼란을 겪기도 한다.<sup>4,22)</sup> 이외의 진단방법으로 단순방사선 검사 및 삼상골주사 검사를 사용할 수 있으나 단순방사선 검사 및 골주사검사는 골침범이 있어야 병변을 발견할 수 있으므로 병변의 조기진단에 제한점이 있다.<sup>5,12)</sup>

한편, 피부의 자율신경계를 평가하기 위한 많은 방법들이 사용되어 왔으며, 그중에 적외선 체열 검사가 자율신경계의 영향을 받는 체표면 온도의 변화를 알아보는 데 유용한 방법으로 제시되었다. 적외선 체열 검사의 경우 사지의 좌우측의 온도차이를 기준으로 진단하게 되는데 신경병증, 국소 염증반응, 혈관성 질환과 같이 좌우측 비대칭적인 체열분포를 초래하는 질환과의 감별진단을 요하며, 또한 양측 병변이 있을 경우 사용할 수 없는 제한점이 있다. 따라서 최근에는 이를 보완하기 위해 냉(cold) 또는 온(warm) 스트레스 자극을 통해 교감신경의 활동도를 증가시켜 체표면의 온도를 평가해 보는 스트레스 적외선 체열촬영검사 방법이 대두되고 있다.<sup>2)</sup> 이에 본 연구에서는 편마비후 비정상적인 자율신경계 증상을 가진 환자들을 대상으로 냉 스트레스와 온 스트레스 자극하에 컴퓨터 적외선 체열 촬영을 시행함으로써 반사성 교감 신경성 이영양증의 진단에 있어 스트레스 적외선 체열 촬영 검사의 유용성을 알아보고자 하였다.

접수일: 2002년 7월 18일, 게재승인일: 2002년 9월 16일

교신저자: 김은주, 서울시 서대문구 신촌동 134

☎ 120-752, 연세대학교 의과대학 재활의학교실

Tel: 02-361-7772, Fax: 02-363-2795

E-mail: silverzoo@orgio.net

## 연구대상 및 방법

## 1) 연구대상

2000년 3월부터 2002년 5월까지 연세대학교 의과대학 재활의학과에 입원 중인 뇌졸중 환자로 자율신경계 질환, 말초혈관 질환, 말초신경 병변, 근골격계 질환, 심혈관계 질환 및 피부 질환 등의 병력이 없는 편마비 환자를 대상으로 하였다. 임상적으로 환측 사지의 지속적인 통증이나 통각 과민이 있으면서 부종, 발한이상, 혈관 부조 현상 등의 반사성 교감신경성 이영양증 증상이 있는 뇌졸중 환자 23명(출혈성 뇌졸중 11명, 허혈성 뇌졸중 12명)을 환자군으로 하였으며(Table 1),<sup>13,17)</sup> 편마비는 있으나 반사성 교감 신경성 이영양증이 없는 환자 15명(출혈성 뇌졸중 7명, 허혈성 뇌졸중 8명)을 대조군으로 하였다. 표현이 불가능하거나 의식이 명료치 않은 경우는 대상군에서 제외하였다. 환자군의 편마비 유병기간은 평균 10.8주이었고, 반사성 교감 신경성 이영양증의 임상 증상 발현기간은 평균 2.4주이었으며, 평균 연령은 63.7세이었다. 대조군의 편마비 유병기간은 평균 8.4주이었고, 평균 연령은 65.1세이었다.

## 2) 연구방법

컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사는 DOREX 적외선 체열 촬영기(DOREX Inc. U.S.A.)를 이용하여 시행하였다. 검사실은 습도가 낮으며 외부로부터 빛과 열이 차단되고, 실내 온도는 19~20°C를 유지하였다. 검사 24시간 전에는 물리치료, 열치료, 근전도 등을 피하도록 하였으며, 교감 신경계에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 약물이나 진통제를 삼가도록 하였다.<sup>9)</sup> 또한, 검사 당일에는 피부 크림이나 향수, 방향제 및 로션 등을 바르지 않도록 하였으며 헐거운 옷을 입도록 하였다. 모든 대상자에서 약 15분간 실내 온도에 적응하도록 하였고, 스트레스를 가하지 않은 기존의 적외선 체열 촬영을 시행한 후 스트레스 적외선 체열 검사를 시행하였다. 물이 체표 면에서 기화되어 발생할 수 있는 체온의 변화

를 방지하기 위하여 찬물 또는 더운물에 건측 발을 담근 후 양측 손등에서의 온도 변화를 측정하였다.

냉 스트레스 검사는 12.0±1.4°C의 물이 담긴 욕조에 건측 발을 발목 관절 부위까지 담그고 5분 간격으로 총 30분간 양측 손등 부위를 촬영하여 체표 온도를 측정하였다. 검사하는 양측 손등의 위치는 심장과 비슷한 높이로 설정하였다. 물 2리터가 들어있는 보온통에 얼음 조각을 넣어 냉 스트레스 환경을 만들었으며, 적어도 물에 떠있는 얼음 조각이 1개 이상 남아있도록 하여 상기 온도를 유지하였다. 한편, 온 스트레스 검사는 37.0±1.4°C의 물에 발을 담그고 냉 스트레스 검사와 동일한 방법으로 시행하였다. 냉 스트레스 검사와 온 스트레스 검사 동안의 간격은 1일로 하였으며 하루 중 일정 시각인 오전 11시에 시행하였다.

대상자 모두에게 스트레스를 가하지 않은 기존의 적외선 체열 검사와 냉 스트레스와 온 스트레스 검사를 시행하였다. 스트레스를 가하지 않은 상태에서의 환측 손등 온도에서 건측 손등 온도 사이의 온도차를 구하였으며, 반사성 교감신경성 이영양증 진단기준 온도차를 0.3°C,<sup>5,11)</sup> 0.6°C,<sup>16)</sup> 1.0°C,<sup>12,14,18)</sup> 1.2°C, 1.4°C 이상으로 하여, 각 온도에서의 민감도와 특이도를 구하여 비교해 보았다. 냉 스트레스와 온 스트레스 검사는 냉 또는 온 자극 동안 좌우 손등의 온도를 5분 간격으로 총 30분간 측정하여 환측 손등 온도값에서 건측 손등 온도값을 뺀 온도차를 구하였다. 적외선 체열 촬영을 통한 반사성 교감신경성 이영양증의 진단은 환측과 건측의 체표면 온도차를 환측과 건측의 체표면 온도차가 1.0°C 이상으로 정의하였으며, 이외에 비정상적인 원위부 체온분포선 모양(disrupted distal thermal gradient lines), 냉 스트레스 동안 발작적으로 체표면 온도상승(paroxysmal warming to functional cold water stress test)을 보이는 경우로 하였다(Table 2).<sup>12)</sup> 스트레스 동안 각 5분마다 민감도와 특이도를 구하여 가장 효과적인 냉 또는 온 자극시간을 살펴 보았다.

Table 1. Clinical Criteria for Reflex Sympathetic Dystrophy

IASP <sup>1)</sup> diagnostic criteria	Associated signs and symptoms <sup>2)</sup>
1. Continuing pain, allodynia, or hyperalgesia with which the pain is disproportionate to any inciting event	1. Atrophy of the hair, nails, and other soft tissues.
2. Evidence at some time of edema, changes in skin blood flow, or abnormal sudomotor activity in the region of pain	2. Alteration in hair growth and loss of joint mobility
3. This diagnosis is excluded by the existence of conditions that would otherwise account for the degree of pain and dysfunction	3. Impairment of motor function, including weakness, tremor, and dystonia

1. IASP: International association for the study of pain, 2. Associated signs and symptoms listed were not used for diagnosis

Table 2. Stress Digital Infrared Thermographic Diagnostic Criteria

Considered positive criteria	Considered negative criteria
1. Side to side temperature differences of dorsal hand $\geq 1^{\circ}\text{C}$	1. Side to side temperature difference of dorsal hand $< 0.5^{\circ}\text{C}$
2. Abnormal (disrupted) distal thermal gradient line	2. Normal (transverse) distal thermal gradient line
3. Paroxysmal warming to cold stress testing	3. Normal response (cooling) to cold stress testing

Table 3. Sensitivity and Specificity According to the Side to Side Temperature Differences

Side to side temperature difference ( $^{\circ}\text{C}$ )	Conventional DITI <sup>1)</sup>	
	Sensitivity (%)	Specificity (%)
0.3	91.3	60
0.6	86.9	66.7
1.0	82.6	80
1.2	65.2	86.7
1.4	47.8	86.7

1. DITI: Digital infrared thermographic imaging

## 결 과

### 1) 스트레스 자극을 주지 않은 기존의 적외선 체열검사

환자군에서 환측과 건측의 온도차는 평균  $0.82 \pm 0.46^{\circ}\text{C}$ 로 환측이 건측에 비하여 높은 온도 분포를 보였다. 진단기준의 온도차를  $0.3^{\circ}\text{C}$ 으로 하였을 때, 반사성 교감신경성 이영양증 진단의 민감도 91.3%, 특이도 60%를 보였으며,  $0.6^{\circ}\text{C}$ 일 경우는 민감도 86.9%, 특이도 66.7%였으며,  $1.0^{\circ}\text{C}$ 일 경우는 민감도 82.6%, 특이도 80%였으며,  $1.2^{\circ}\text{C}$ 일 경우는 민감도 65.2%, 특이도 86.7%,  $1.4^{\circ}\text{C}$ 일 경우는 민감도 47.8%, 특이도 86.7%를 보였다(Table 3).

### 2) 냉 스트레스 적외선 체열 검사

냉 스트레스를 가한 30분 후 환측과 건측의 온도차는 평균  $2.01 \pm 1.06$ 도로 환측이 건측에 비하여 높은 온도 분포를 보였으며, 환측 손등 피부 온도의 저하가 완전한 데에 비해 건측 손등 피부 온도의 저하는 급격하였다(Fig. 1). 냉 스트레스를 5분 동안 준 경우는 기존의 적외선 체열 검사와 동일한 민감도와 특이도(82.6%와 80%)를 보였으나, 10분 동안 냉 스트레스를 준 경우 반사성 교감신경성 이영양증 진단의 민감도 86.9%, 특이도 80%였으며, 20분 동안 냉 스트레스를 준 경우는 민감도 91.3%, 특이도 86.7%, 25분에서 30분간 냉 스트레스를 주었을 경우는 민감도 95.7%, 특이도 93.3%였다(Fig. 2).

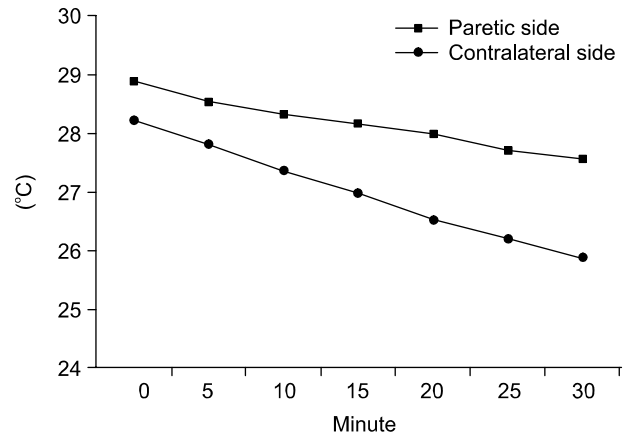


Fig. 1. Temperature changes of both dorsal hand in cold stress DITI (Digital Infrared Thermographic Imaging) test for a 30-minutes session.

### 3) 온 스트레스 적외선 체열 검사

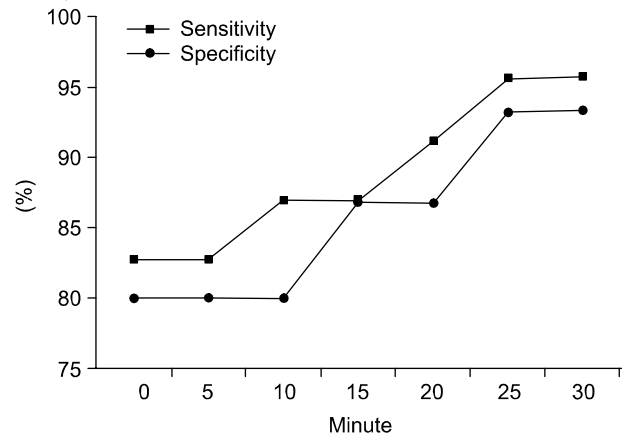


Fig. 2. Changes of sensitivity and specificity in cold stress DITI (Digital Infrared Thermographic Imaging) test for a 30-minutes session.

온 스트레스를 가한 30분 후 환측과 건측의 온도차는 평균  $1.68 \pm 1.02$ 도로 건측이 환측에 비해 높은 온도 분포를 보였으며, 환측 손등 피부 온도의 상승이 건측에 비해 완전한 데에 비해 건측 손등 피부 온도의 상승은 급격하였다(Fig. 3). 온 스트레스를 5분 동안 준 경우는 기존의 적외선 체열 검사와 동일한 민감도와 특이도(82.6%와 80%)를 보였으나,

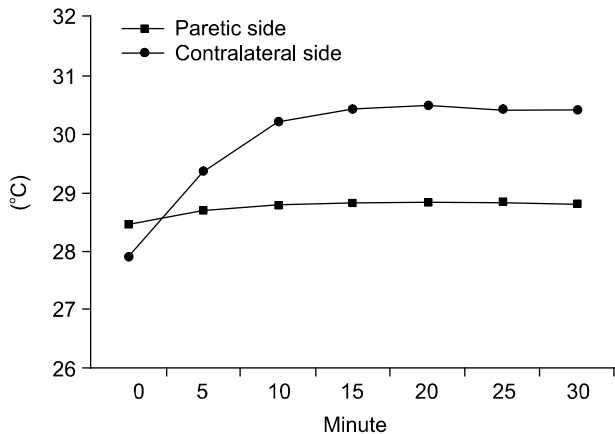


Fig. 3. Temperature changes of both dorsal hand in warm stress DITI (Digital Infrared Thermographic Imaging) test for a 30-minutes session.

10분 동안 온 스트레스를 준 경우 반사성 교감신경성 이영양증 진단의 민감도 86.9%, 특이도 80%였으며, 15분에서 30분간 온 스트레스를 주었을 경우는 민감도 86.9%, 특이도 86.7%였다(Fig. 4).

## 고 찰

반사성 교감신경성 이영양증은 편마비 환자의 환측 상지 기능 회복에 부정적인 영향을 미치는 원인의 하나로, 이는 자율신경 특히 교감신경과 운동 및 감각의 이상을 특징으로 하는 임상적 통증 증후군으로 병태 생리가 밝혀진 병리학적인 진단 기준을 갖고 있는 독립된 질환이 아니고 단지 여러 가지 임상 증상의 복합체로 진단의 기준은 주로 임상 증상에 의존하는 실정이다.<sup>1,19)</sup> 하지만 사지 말단의 통증과 압통 및 부종이라는 임상 증상 자체도 명백하게 정의되기 어려우며, 뇌졸중 후에 발생한 수부의 통증 및 압통의 경우 더욱 임상 증상만으로 반사성 교감신경성 이영양증을 진단하기 어렵다.<sup>3)</sup>

피부 온도는 피부 주변부의 혈류상태를 가늠할 수 있는 정확한 평가법으로 알려져 있으며, 정상적으로 인체는 대칭적 체온 상태를 이루고 있는데, 심각한 비대칭 시 병적으로 간주되며 체열촬영의 판독 시에도 양쪽의 온도차를 비교함으로써 혈관 운동성의 이상 소견 기준으로 정하고 있다.<sup>4)</sup> 그러나, 이러한 좌우측 온도차이의 기준이 연구마다 상당한 차이를 보이므로 본 연구에서는 비정상적인 좌우 온도차를 0.3°C, 0.6°C, 1.0°C, 1.2°C, 1.4°C 이상으로 하였을 때 반사성 교감신경성 이영양증 진단의 민감도 및 특이도를 비교하였다.

편마비 환자에서 기존의 적외선 체열 촬영 검사로 반사성 교감신경성 이영양증을 진단했을 때, 비정상 좌우 체온 차이를 0.3도 이상으로 설정한 안 등<sup>5)</sup>은 민감도 86.7%, 특이

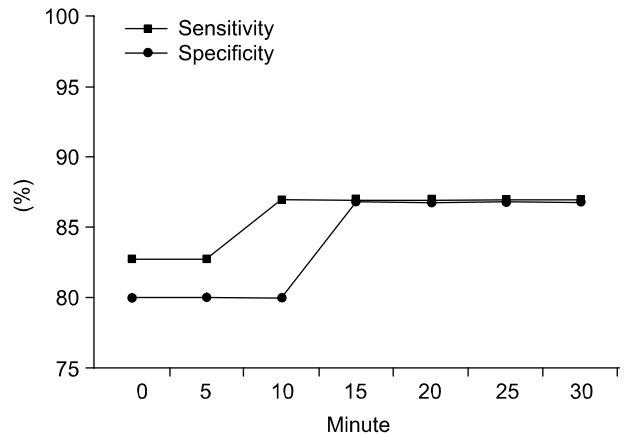


Fig. 4. Changes of sensitivity and specificity in warm stress DITI (Digital Infrared Thermographic Imaging) test for a 30-minutes session.

도 100%로, 신 등<sup>4)</sup>은 민감도 94.2%, 특이도 77.78%로 보고하였고, 비정상 체온 차이를 1도 이상으로 설정한 Low 등<sup>17)</sup>의 연구에서는 민감도 80%로 본 연구 결과와 비슷한 결과를 보였다. 하지만 이들 결과보다 본 연구에서 냉 스트레스 자극을 준 경우 95.6%로 더 높은 민감도를 보였다. 비정상 좌우 체온차이를 1.2도 이상으로 했을 경우 특이도의 완전한 증가가 있었던 반면, 급격한 민감도의 저하가 관찰되었다. 즉, 스트레스를 주지 않은 기존의 적외선 체열 촬영 검사를 통한 반사성 교감신경성 이영양증 진단 시 가장 효과적인 좌우 체온차이를 1도로 설정하는 것이 도움이 될 것이라 생각된다.

Bej와 Schwartzman<sup>6)</sup> 및 Birklein 등<sup>8)</sup>에 의하면 반사성 교감신경성 이영양증 초기에는 환측 사지의 체온 상승과 혈관확장 소견을 볼 수 있고, 후기에는 건측에 비해 체온이 떨어지며 이양성 변화를 동반한다고 하였으며, 이러한 비정상적 혈관 활동성과 교감신경계의 연관성을 고려해 볼 때 교감신경계 활동에 자극을 줄 수 있는 스트레스 자극법을 이용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 Gulevich 등<sup>12)</sup>은 냉 자극이 교감신경계의 흥분도를 높여주어 정상인과 환자들간의 자율신경 기능의 차이를 더 크게 하여, 냉 스트레스 자극법이 기존의 컴퓨터 적외선 체열 촬영보다 반사성 교감신경성 이영양증의 진단 시 민감도와 특이도를 증가시킨다고 보고하였으며, 특히 비정상적인 혈관 운동성 증상을 보이는 환자에서 더욱 유용하게 사용할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 30분간 냉 스트레스 자극을 준 경우 95.7%의 민감도와 93.3%의 특이도를 보였으며, 스트레스 자극을 준 경우에서 좌우 손등 온도 차이가 더 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. Wasner 등<sup>23)</sup>의 연구 결과와 같이 냉 스트레스를 가한 경우 환측 손등 피부 온도의 저하가 완전한 데에 비해 건측 손등 피부 온도의 저하는 급격해졌음을 알 수 있었다(Fig. 3). 반면, 온 스트레스 자극을 15분간 준 경우 측정된

86.9%의 민감도와 86.7%의 특이도가 온자극 30분 동안 일정하게 유지되었다. 즉, 환측 손등 온도의 상승이 건측에 비해 완만해 환측과 건측 손등의 온도차는 스트레스 자극을 준 경우 더 컸지만, 이 온도차이는 15분 이상에서는 큰 차이가 없었다.

교감신경계 활동도는 신체가 냉 환경에 노출될 때 현저하게 증가된다. Urematsu 등<sup>21)</sup>에 의하면 찬물에 침수한 상태나 초기 냉 환경에 노출 시 혈중 노르에피네프린 수치는 5~10배 정도 증가하며, 차가운 정도가 덜할수록 혈중 카테콜라민치가 적게 증가하였다고 한다.<sup>7,15)</sup> Bogduk<sup>10)</sup>과 Wasner 등<sup>23)</sup>에 의하면 반사성 교감신경성 이영양증 초기에는 혈관내 노르에피네프린의 감소로 환측 체표면 혈관 수축성 신경들이 억제되어 교감신경성 혈관 수축력이 감소되므로 환측 체표면 온도가 더 높아지고 냉 스트레스 또는 온 스트레스 자극을 받게 되면 건측에 비해 환측의 온도 변화가 줄어들게 된다고 하였다. 이에 반해, 만성기에는 초기에 존재하던 체표면 혈관 수축력의 장애와 함께 경쟁적으로 말초 혈관에 순환하는 노르에피네프린의 감작력이 증가됨으로 저하된 교감신경성 혈관운동 능력을 과보상하게 되어 환측 체표면 온도가 더 낮아지고 건측에 비해 환측의 온도 변화가 크게 된다고 하였다.<sup>20)</sup> 그러므로, 반사성 교감신경성 이영양증 조기 진단 시 냉 스트레스와 온 스트레스 자극을 이용한 적외선 체열 촬영 검사가 유용함을 알 수 있다.

그러나 본 연구에서는 치료의 효과 및 통증의 정도와의 관계에 대한 고찰이 부족하므로 향후 보다 많은 환자에서 정량적인 분석이 계속 필요할 것으로 생각된다.

## 결 론

본원 재활의학과에서는 뇌졸중 후 임상적으로 반사성 교감신경성 이영양증 증상이 있는 뇌졸중 환자 23명과 임상적으로 반사성 교감신경성 이영양증이 없는 뇌졸중 환자 15명을 대상으로 하여 반사성 교감신경성 이영양증의 진단 기준 및 스트레스 적외선 체열 촬영 검사의 유용성을 평가하고자 본 연구를 시행하였다.

1) 편마비 환자에서의 반사성 교감신경성 이영양증의 진단적 기준은 컴퓨터 적외선 체열 촬영 검사상 좌우 온도 차이가 1도 이상일 때에서 민감도 및 특이도에서 가장 적합하였다.

2) 30분 냉 스트레스 적외선 체열 촬영 검사의 민감도와 특이도는 95.7%, 93.5%이었으며, 15분 온 스트레스 적외선 체열 촬영 검사의 민감도와 특이도는 86.8%, 86.7%였다.

이상의 결과로 편마비 환자에 있어 임상적으로 반사성 교감신경성 이영양증의 진단 기준에 부합되는 증상을 보이는 환자에서 기존의 적외선 체열 촬영 검사상 정상 소견을 보일 경우 냉 스트레스 적외선 체열 촬영의 시행이 반사성

교감신경성 이영양증의 조기 진단에 유용할 수 있겠으며, 검사방법이 간편하며 비침습적이므로 임상적으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 1) 김은국, 김용걸, 변상진, 김희상, 안경희: 편마비 환자의 반사성 교감신경 디스트로피에 따른 카테콜라민치의 비교. 대한재활 의학회지 2000; 24: 193-199
- 2) 박은숙, 박창일, 김은주, 조성래, 안소영: 스트레스 적외선 체열 촬영을 통한 정상인의 교감신경계 혈관운동성 반응. 대한재활 의학회지 2002; 26: 223-227
- 3) 성덕현, 김현숙: 편마비 환자의 반사성 교감신경 이영양증에서 삼상극자 검사법의 유용성. 대한재활의학회지 1997; 21: 36-44
- 4) 신용일, 양선호, 서정환, 김연희: 뇌졸중 후 반사성 교감신경성 위축증후군에서 체표온도의 정량적 분석. 대한재활의학회지 2000; 24: 375-380
- 5) 안상호, 전제일, 나은우, 박은숙: 편마비후 건관절 수부 증후군에서 적외선 체열촬영 검사의 진단적 유용성. 대한재활의학회지 1994; 18: 457-467
- 6) Bej MD, Schwartzman RJ: Abnormalities of cutaneous blood flow regulation in patients with reflex sympathetic dystrophy as measured by laser doppler fluxometry. Arch Neurol 1991; 48: 912-915
- 7) Bergh U, Hartley Y, Landsbery L, Ekblom B: Plasma norepinephrine concentration during submaximal and maximal exercise at lowered skin and core temperature. Acta Physiol Scand 1979; 106: 383-384
- 8) Birklein F, Riedle B, Claus D, Neundorfer B: Pattern of autonomic dysfunction in time course of complex regional pain syndrome. Clin Auto Res 1998; 8: 79-85
- 9) Birklein F, Riedle B, Neundorfer B, Handwerker HO: Sympathetic vasoconstrictor reflex pattern in patients with complex regional pain syndrome. Pain 1998; 75: 93-100
- 10) Bogduk N: Complex regional pain syndrome. Current Opinion in Anesthesiology 2001; 14: 541-546
- 11) Feldman F, Nickdoff EL: Normal thermographic standards for the cervical spine and upper extremities. Skeletal Radiol 1984; 12: 235-249
- 12) Gulevich SJ, Conwell TD, Lane J, Lockwood B, Schwettmann RS, Rosenberg N, Goldman LB: Stress infrared telethermography is useful in the diagnosis of complex regional pain syndrome, type 1 (formerly reflex sympathetic dystrophy). Clin J Pain 1997; 13: 50-59
- 13) Harden RN, Bruehl S, Galer BS, Saltz S, Bertram M, Backonja M, Gayles R, Rudin N, Bhugra MK, Hicks MS: Complex regional pain syndrome: are the IASP diagnostic criteria valid and sufficiently comprehensive? Pain 1999; 83: 211-219
- 14) Harper CM, Low PA, Fealey RD, Chelimsky TC, Proper CJ, Gillen DA: Utility of thermography in the diagnosis of lumbosacral radiculopathy. Neurology 1991; 41: 1010-1014

- 15) Jones SB, Musacchia XJ: Norepinephrine turnover in heart and spleen of 7,22, and 34°C-acclimatized hamsters. *Am J Physiol* 1976; 230: 564-568
  - 16) Lightman HI, Pochaczersky R, Aprin H, Ilowite NT: Thermography in childhood reflex sympathetic dystrophy. *J Pediatr* 1987; 111: 551-555
  - 17) Low PA, Amadio DC, Wilson PR, McManis PG, Willner CL: Laboratory findings in reflex sympathetic dystrophy: a preliminary report. *Clin J Pain* 1994; 10: 71-77
  - 18) McLeod JG, Tuck RR: Disorder of the autonomic nervous system. *Ann Neurol* 1987; 21: 419-430
  - 19) O'Donoghue JP, Powe JE, Mattar AG, Hurwitz GA, Laurin NR: Three-phase bone scintigraphy: asymmetric patterns in the upper extremities of asymptomatic normals and reflex sympathetic dystrophy patients. *Clin Nucl Med* 1993; 18: 829-836
  - 20) Riedle B, Beckmann T, Neundorfer B, Handwerker HO, Birklein F: Autonomic failure after stroke-is it indicative for pathophysiology of complex regional pain syndrome? *Acta Neurol Scand* 2001; 103: 27-34
  - 21) Uematsu S, Edwin DH, Jankel WR, Kozikowski J, Trattner M: Quantification of thermal asymmetry. Part 1: Normal values and reproducibility. *J Neurosurg* 1988; 69: 552-555
  - 22) Wasner G, Heckmann K, Maier C, Baron R: Vascular abnormalities in acute reflex sympathetic dystrophy (CRPS 1): complete inhibition of sympathetic nerve activity with recovery. *Arch Neurol* 1999; 56: 613-620
  - 23) Wasner G, Schattschneider J, Heckmann K: Vascular abnormalities in reflex sympathetic dystrophy (CRPS 1): mechanisms and diagnostic value. *Brain* 2001; 124: 587-599
-